

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the Application of  
**Manfred BLUMBERG et al.** )  
for Neutral Data Computer Control ) Examiner: Charles R. Kasenge  
System for a Machine Tool Used to )  
Produce Workpieces with Threaded )  
Surface and Associated Machine Tool ) Group Art Unit 2121  
Serial No.: 10/575,532 )  
*National State of PCT/EP2003/011568* )  
Int'l Filing Date: October 17, 2003 ) Atty Docket No.:7701-0001WOUS

Mail Stop AMENDMENT  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**DECLARATION OF PRIOR INVENTION UNDER 37 CFR § 1.131**

Dear SIR:

1. I, **Manfred Blumberg**, am an inventor of the apparatus and method claimed in this application jointly with **Gary Töpfer**, **Stefan Dirrichs** and **Wolfgang London**. I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.
2. I made the invention jointly with the other inventors mentioned under item 1 of this declaration before September 26<sup>th</sup>, 2003, as evidenced by:

The attached facsimile inclusive of the transmission protocol (with redacted facsimile-phone number, as well as redacted date and time but sent before the 26<sup>th</sup> day of September 2003 and redacted applicant proposal) of the German attorneys Kiani & Springorum at the City of Düsseldorf containing '*patent claim proposals, patent drawing proposals and a patent abstract proposal*' (14 pages) and a '*patent specification proposal*' (17 pages with redacted applicant proposal). These proposals were prepared by the attorneys Kiani & Springorum on the basis of information from the inventors as mentioned above before the 26<sup>th</sup> day of September 2003.

These documents are submitted herewith in compliance with the requirements of 37 CFR 1.131(b).

Respectfully submitted

Dated

M. Blez  
[Inventor]

15.04.09

# SENDEBERICHT



TN=P&RA'E KIANI & SPRINGORUM

DATUM	SE/EM-ZEIT GEGENSTELLE	MODUS	SEITEN	ERGEBNIS
	04'50"	SE	14	OK 0000

P&RA'E KIANI & SPRINGORUM →

NUM397 D01

**KIANI & SPRINGORUM**

PATENT- UND RECHTSANWÄLTE

♦

POSTFACH 24 01 08 4000 DÜSSELDORF HEINRICH-HEINE-ALLEE 29 40213 DÜSSELDORF TEL 0211/828 427-0 FAX 0211/828 427-1

**Titel:** Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit Datenträgern, Datenträgersignalen, Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine

**Anmelder:**

Patentansprüche

**KIANI & SPRINGORUM**

PATENT- UND RECHTSANWÄLTE

POSTFACH 24 01 53

40090 DÜSSELDORF

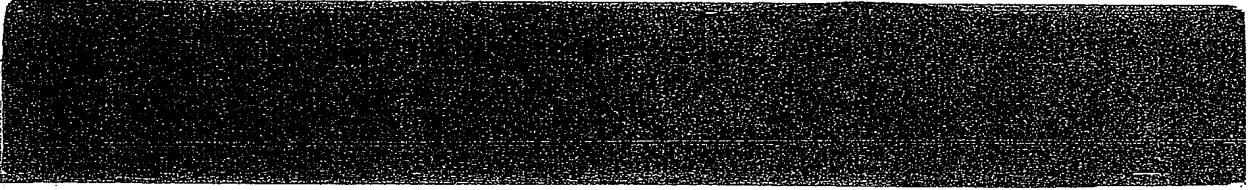
HEINRICH-HEINE-ALLEE 29

40213 DÜSSELDORF

TEL 0211/828 427-0 FAX 0211/828 427-1

**Titel:** Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit Datenträgern, Datenträgersignalen, Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine

**Anmelder:**



**Patentansprüche**

1. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche, welche

eine Werkstückhalterung zur Aufnahme eines Werkstücks,

ein Werkzeug,

ansteuerbare mechanische Achsen zur Bearbeitung des Werkstücks oder zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander, sowie

eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Achsen

aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

mindestens eine virtuelle Achse vorgesehen ist, die als Leitachse für andere Achsen parametrierbar ist und dann nur der Synchronisation dieser anderen Achsen dient.

2. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens fünf ansteuerbare mechanische Achsen zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander vorgesehen sind.
3. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Werkzeug eine Schleifscheibe und als mechanische Achsen mindestens eine positionierbare Radialzustellungsachse ( $\chi$ ) für die Schleifscheibe, ein in Relation zur Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten ( $\zeta$ ) zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens, eine positionierbare Drehachse ( $\beta$ ) eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung, eine positionierbare Schwenkachse ( $\tau$ ) zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene (B), sowie eine Drehachse ( $\omega$ ) für den Antrieb der Schleifscheibe vorgesehen sind.
4. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine positionierbare Verschiebeachse ( $\delta$ ) zur Kontrolle einer Vorschubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse vorgesehen ist.
5. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Schwenkachse ( $\sigma$ ) zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene (A) vorgesehen ist.
6. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Verschiebeachse ( $\eta$ ) zur vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander vorgesehen ist.

7. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Schwenkachse ( $\gamma$ ) zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene (A) vorgesehen ist.
8. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuelle Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet wird.
9. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Ansprache 8, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuelle Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer von der Zeit abhängigen frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet wird.
10. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dient.
11. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine Kreisrelation dient.
12. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine durch eine Wertetabelle gegebene Relation dient.
13. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt.
14. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt, welche vom Wert einer der virtuellen Achsen abhängig ist.
15. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regelein-

richtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt, welche auch vom Wert weiterer Parameter abhängig ist.

16. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dient, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Polynomkoeffizienten abhängig ist.
17. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine Kreisrelation dient, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Kreiskonstanten, vorzugsweise einem Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung abhängig ist.
18. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Relation erfolgt, die durch eine Tabelle von Koordinaten gegeben ist.
19. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Koordinaten der Koordinatentabelle eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.
20. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß auch ein Speicher vorgesehen ist, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird.
21. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.
22. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die

auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.

23. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.
24. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.
25. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine vordefinierte Funktions- oder Relationstype vorgesehen ist und die Datenstruktur zumindest ein Datenfeld zur Identifikation des vordefinierten Funktions- oder Relationstyps aufweist, welcher für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird.
26. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß als Funktionstyp eine Polynomfunktion, vorzugsweise sechsten Grades, mit Polynomkoeffizienten als Parametern vordefiniert ist.
27. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß als Relationstyp eine Kreisrelation mit Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung als Parametern vordefiniert ist.
28. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß als Relationstyp eine Koordinatentabelle mit Koordinaten als Parametern vordefiniert ist.

29. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß als Koordinaten jeweils eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.
30. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist.
31. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparamtern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfaßt.
32. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß immer eine solche Gruppe von Maschinensteuerparamtern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametriert ist.
33. Verfahren zur Ansteuerung einer mehrachsigen Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, wobei

zunächst eine virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen parametriert wird,  
und sodann während des Betriebs der Maschine zur Bearbeitung des Werkstücks die anderen Achsen mit Hilfe dieser virtuellen Leitachse bei ihrer Positionierung lediglich synchronisiert werden.

34. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß

auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die ein Datenfeld aufweist, das die Parametrierung der virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt und

der Datenträger oder das elektronische Trägersignal (3) die Werkzeugmaschine (2) mittels dieser Datenstruktur beim Einlesen oder nach dem Einlesen nach dem Verfahren nach Anspruch 33 ansteuert.

35. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 34 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.

36. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 34 oder 35 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.

37. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 36 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.

38. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 37 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenstruktur zumindest ein Datenfeld zur Identifikation zumindest einer vordefinierten Funktions- oder Relationstype, vorzugsweise eines Polynomfunktionstyps, eines Kreisrelationstyps oder eines Koordinatentabellentyps aufweist, welche für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird.
39. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 36 bis 38 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist.
40. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 39 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparametern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfaßt.
41. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 40 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß immer solche Gruppe von Maschinensteuerparametern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametriert ist.
42. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß sie ferner Mittel zum Einlesen von Maschinensteuerparametern für die

Steuer- und/oder Regeleinrichtung von einem Datenträger oder elektronischen Trägersignal (3) nach einem der Ansprüche 34 bis 41 in den Speicher aufweist.

43. Verfahren zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt wird.
44. Computersystem (1) zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42 mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt.
45. Computerprogramm, das Instruktionen aufweist, die zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 eingerichtet sind.
46. Computerprogrammprodukt welches ein computerlesbares Medium mit Computerprogramm-Code-Mitteln aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 veranlaßt wird.
47. Computerprogrammprodukt, welches ein Computerprogramm auf einem elektronischen Trägersignal aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 veranlaßt wird.
48. Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit einem Computersystem (1) zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42 mit

mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt, oder

einem Computerprogramm nach Anspruch 45, oder

einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 46 oder 47,

und mindestens einer mehrachsigen Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42.

FIG. 1

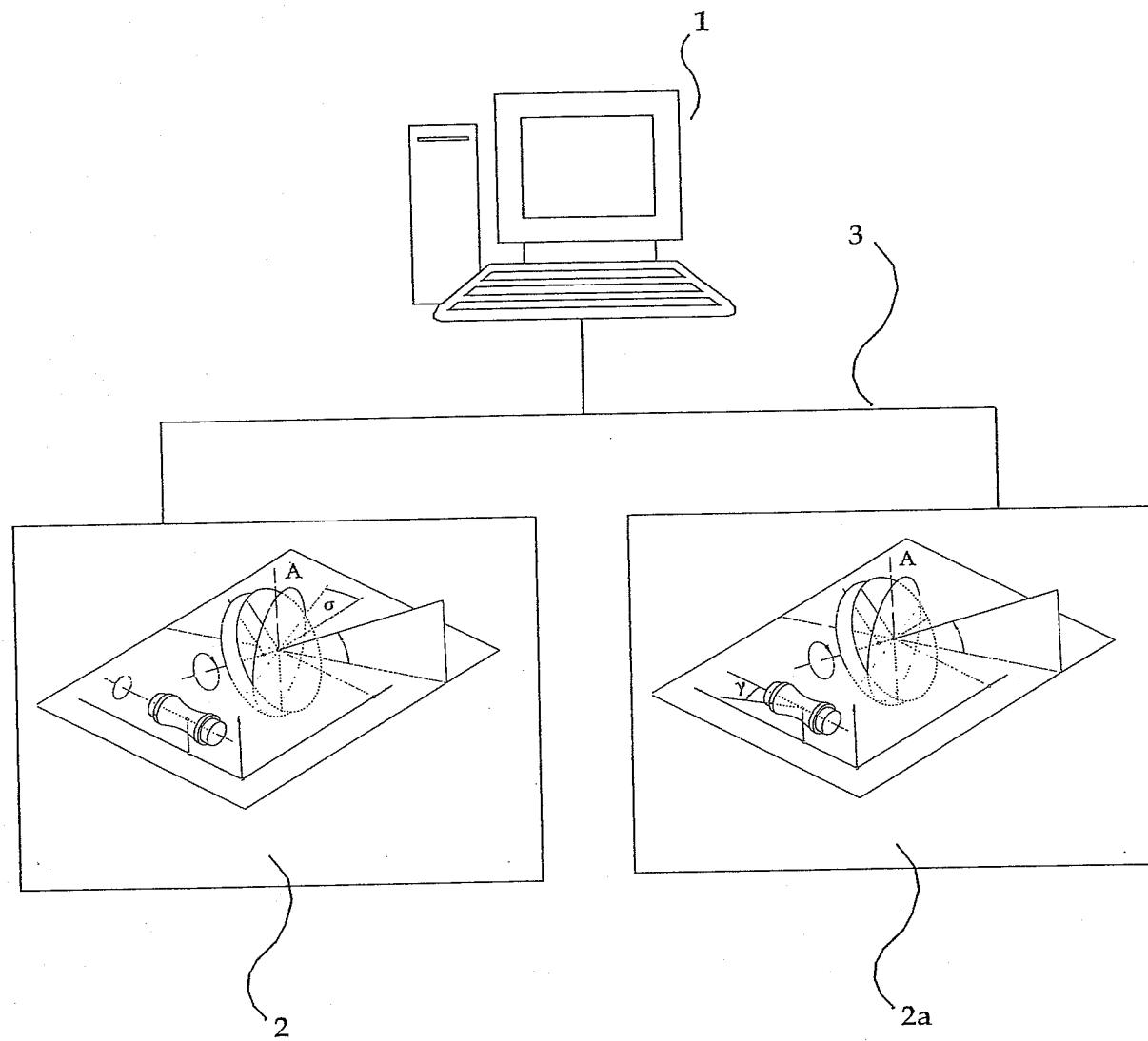


FIG. 2

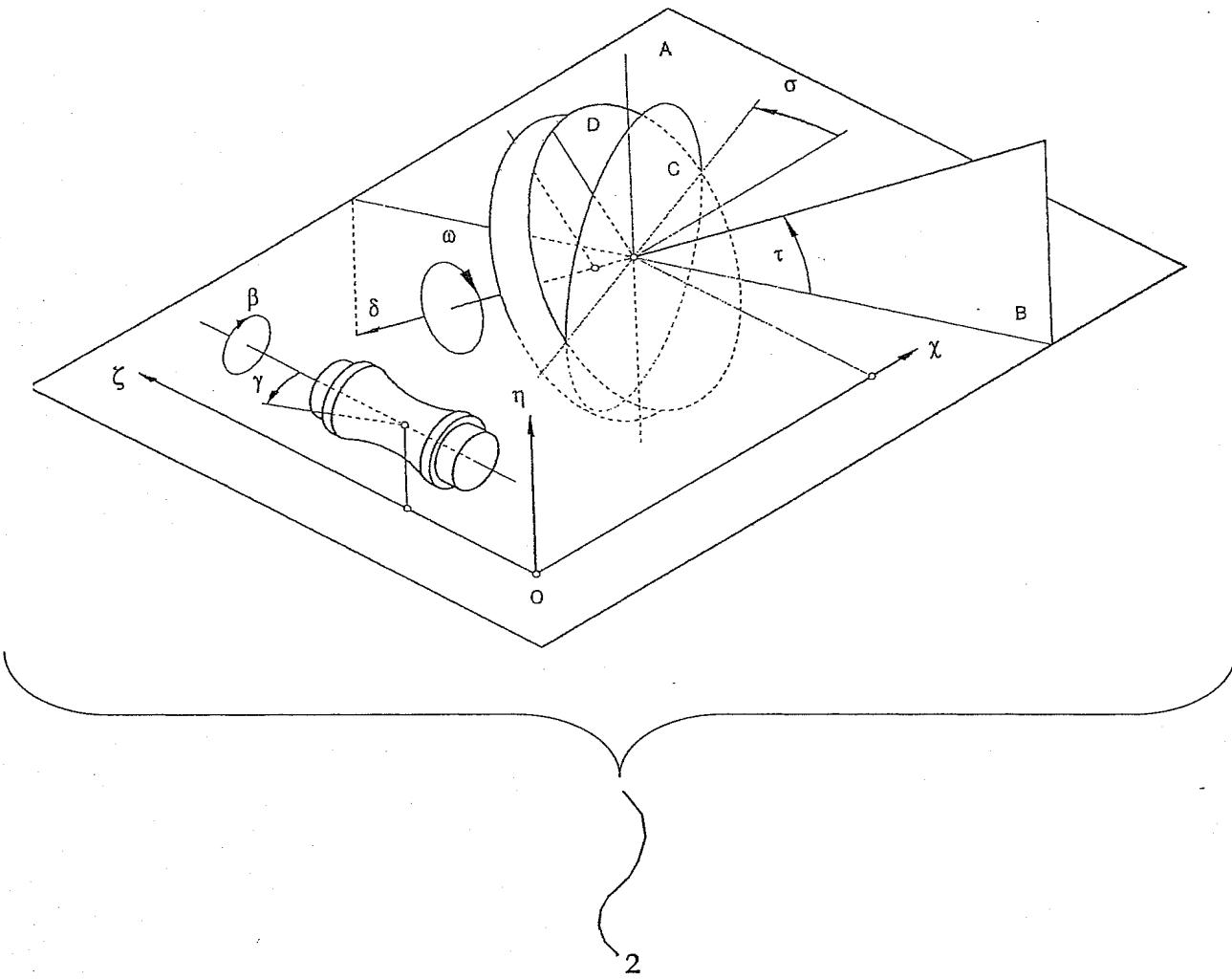
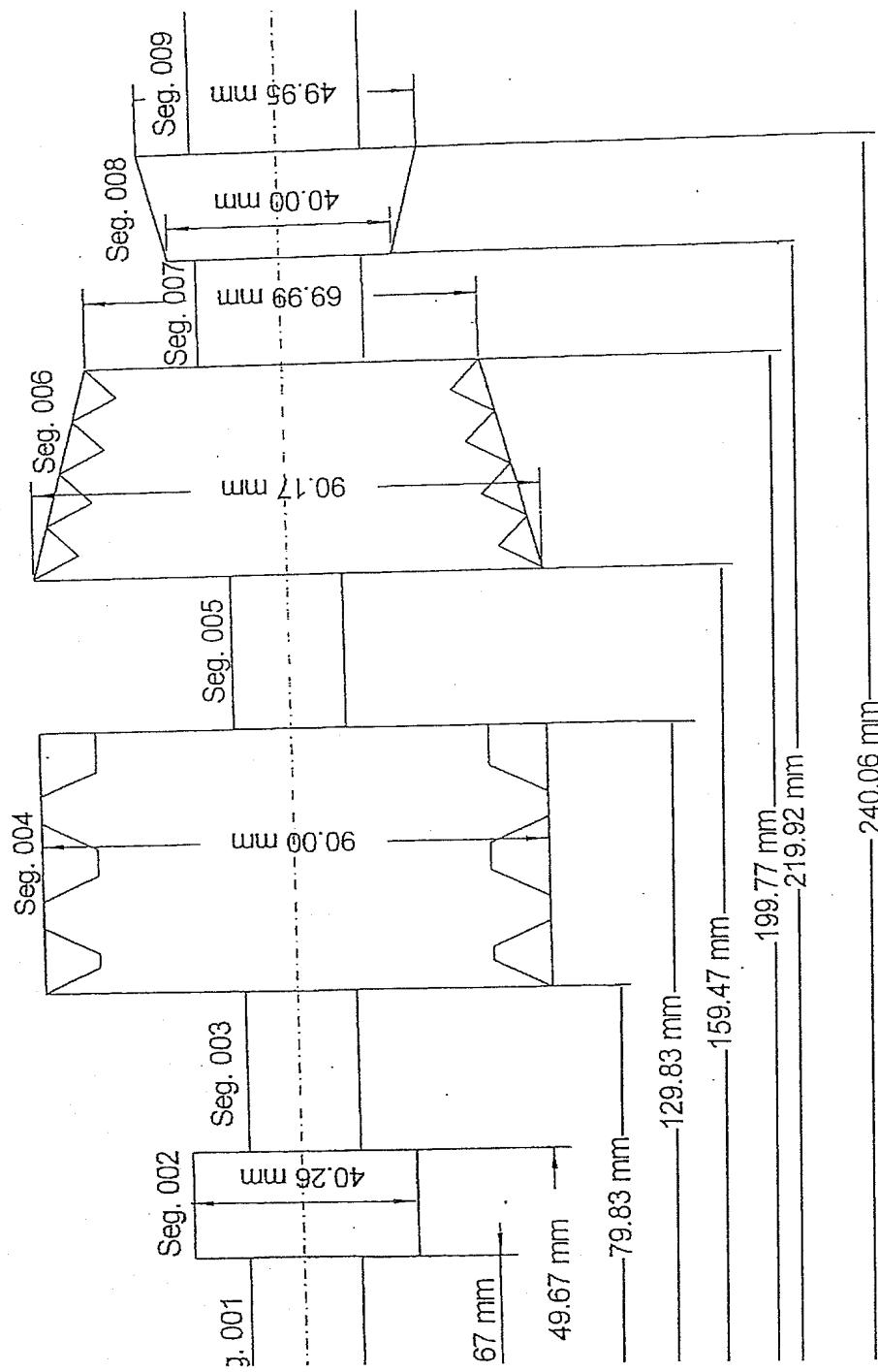


FIG. 3



KIANI & SPRINGORUM

PATENT- UND RECHTSANWÄLTE

◊

POSTFACH 24 01 53 40090 DÜSSELDORF HEINRICH-HEINE-ALLEE 29 40213 DÜSSELDORF TEL 0211/828 427-0 FAX 0211/828 427-1

**Titel:** Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit Datenträgern, Datenträgersignalen, Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine

**Anmelder:** [REDACTED]

**Zusammenfassung**

Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit einem optionalen Computersystem (1) zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2, 2a) bei der mindestens eine virtuelle Achse vorgesehen ist, die als Leitachse für andere Achsen parametrierbar ist und dann nur der Synchronisation dieser anderen Achsen dient und mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern für die Maschine (2, 2a) erzeugt, oder einem optionalen Computerprogramm oder einem Computerprogrammprodukt hierzu und mindestens einer solchen mehrachsigen Werkzeugmaschine (2, 2a).

(Fig. 1)

# KIANI & SPRINGORUM

PATENT- UND RECHTSANWÄLTE



POSTFACH 24 01 53

40090 DÜSSELDORF

HEINRICH - HEINE - ALLEE 29

40213 DÜSSELDORF

TEL 0211/828 427-0 FAX 0211/828 427-1

**Titel:** Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit Datenträgern, Datenträgersignalen, Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine

**Anmelder:** [REDACTED]

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine mit Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine.

Bei der Fertigung von Werkzeugmaschinen tritt heutzutage vor dem Hintergrund mehr und mehr vernetzter Fertigungsprozesse und deren Standardisierung in der Industrie das Problem in den Vordergrund, auch die zur Ansteuerung der Werkzeugmaschinen notwendigen Computersysteme mit in diesen Prozeß mit einzubeziehen. Hierbei ist es ein Ziel, soweit technisch möglich, einheitliche Maschinensteuerungssysteme vorzusehen, die dem Anwender - etwa beim Wechsel eines konkreten Maschinentyps oder auch zur verbesserten Datenhaltung und Archivierung - eine möglichst hohe Einheitlichkeit der Maschinensteuerparameter für die Produkte aus seinem Werkstückprogramm bietet.

Derartige Ansätze werden für verschiedene Werkzeugmaschinentypen schon seit einiger Zeit verfolgt, so auch für Verzahnungsmaschinen, denen hier die Aufmerksamkeit gilt.

Für Kegelradfräsmaschinen existieren hier etwa Lösungen, bei denen die dortigen Maschinensteuerparameter einer ganzen Maschinenfamilie in einem einheitlichen Datenmodell mit allen in der Maschinenfamilie infrage kommenden anzusteuernden Achsen zusammengefaßt werden, welches dann im Einzelfall auf die jeweilige reale Maschine - sofern dies

möglich ist, also die mit den Maschinensteuerparametern angesteuerten Achsen auch tatsächlich vorhanden sind - abgebildet wird.

Für Verzahnungsmaschinen zum Formfräsen oder -schleifen von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche, also insbesondere Stirnräder, Schnecken und Rotoren existiert - obwohl selbstverständlich aus den o.a. Gründen auch hier wünschenswert - ein solches System hingegen noch nicht.

Der Grund hierfür liegt in einer besonderen technischen Schwierigkeit, die beim Formschleifen dieser Werkstücke zu bewältigen ist: Mehrachsige Positioniersysteme, wie sie auch Werkzeugmaschinen benötigen, bedürfen der Synchronisation der einzelnen Bewegungen untereinander, so daß eine definierte Kurve im dreidimensionalen Raum durchfahren wird. Dies wird dadurch erreicht, daß eine der Achsen nicht nur ihrer eigenen Positionierung, sondern als Leit- oder Führungsachse auch der Synchronisierung der anderen zu positionierenden Achsen dient.

Ein solches Verfahren nach dem Stand der Technik findet sich etwa in der EP 0 784 525, die ein Verfahren zum Herstellen von Zahnflankenmodifikationen bei Kegelrädern betrifft. Die dortigen Achsen werden vorzugsweise mittels einer Polynomfunktion der Form

$$f(\Theta) = a_0 + \frac{a_1}{1!} \cdot \Delta\Theta + \frac{a_2}{2!} \cdot \Delta\Theta^2 + \frac{a_3}{3!} \cdot \Delta\Theta^3 + \frac{a_4}{4!} \cdot \Delta\Theta^4$$

angesteuert, wobei  $f(\theta)$  die Positionierfunktion für die jeweilige anzusteuernde Achse in Abhängigkeit von der Bewegung der Leitachse  $\theta$  ist. Die Koeffizienten  $a_0, a_1, a_2, a_3$  und  $a_4$  dienen dabei als weitere Parameter der Positionskontrolle der durch die Funktion  $f(\theta)$  angesteuerten jeweiligen Achse.

Als Leitachse dient dabei nach dem Stand der Technik immer eine der ansteuerbaren mechanischen Achsen der Werkzeugmaschine. Bei Kegelradverzahnungsmaschinen, die nach dem Wälzverfahren arbeiten und daher, wie auch im Falle der EP 0 784 525, eine Wiege aufweisen, wird üblicherweise diese immer notwendige Wiege als Leitachse, mithin also ihre Wälzbewegung als Führungsbewegung zur Synchronisation der anderen Achsbewe-

gungen verwendet. Auf diese Weise existiert - auch unabhängig von der weiteren konkreten Ausgestaltung des jeweiligen Maschinentyps - immer eine Maschinenachse, die wälzprozeßbedingt einheitlich als Leitachse verwendet werden kann.

Für Formschleifmaschinen hingegen, die keine Wiege oder vergleichbare Achse aufweisen, stellt sich für den Fall eines Vereinheitlichungsversuches der Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinentypen sogleich das Problem der geeigneten Wahl einer solchen einheitlichen Leitachse oder aber die Frage nach dem etwaigen Verzicht hierauf.

Grundsätzlich ist es hiebei natürlich möglich, auf eine solche einheitliche Leitachse zu verzichten und stattdessen die jeweilig im Einzelfall als Leitachse verwendete Achse in den Maschinensteuerparametern anzugeben. Eine solche Möglichkeit zu schaffen, kann bereits zu einer gewissen Vereinheitlichung der Maschinensteuerparameter führen. Gleichwohl ist dies unbefriedigend, da sich dann im Falle eines Maschinentypwechsels auf eine Maschine, die die ausgewählte Leitachse nicht aufweist, nicht nur das Problem stellt, neue Maschinensteuerparameter für die Leitachse zu erstellen, sondern es zudem aufgrund der o.a. dargestellten Abhängigkeiten der anderen Achsen von der Leitachse auch immer sogleich erforderlich wird, auch für alle anderen von der Leitachse abhängigen Achsen neue Maschinensteuerparameter zu generieren. Ist hingegen eine andere als die Leitachse nicht vorhanden, so kann versucht werden, deren Positionierergebnis am Werkstück dadurch zu erreichen, daß andere nun auf dem neuen Maschinentyp stattdessen vorhandene weitere Achsen durch Maschinensteuerparameter entsprechend angesteuert werden, wobei die übrigen Achsen mit ihren jeweiligen Maschinensteuerparametern unberührt bleiben.

So kann dann etwa eine nicht vorhandene positionierbare Schwenkachse zur Verschwenkung von Werkstück und Werkzeug gegeneinander mittels einer Drehung der Werkzeugachse in der Vertikalen durch eine Schwenkachse zur Verschwenkung von Werkstück und Werkzeug gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse in der Horizontalen ersetzt werden, ohne daß die Maschinensteuerparameter etwa einer Radialzustellungsachse oder einer positionierbaren Drehachse eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung betroffen wären.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß eine für das gesamte Steuerungskonzept aller infrage kommenden Maschinentypen einheitliche Leitachse angegeben werden kann. Dies scheitert im Falle von Formschleifmaschinen, wie bereits o.a. schon daran, daß hier - im Gegensatz zu Maschinen, die nach einem Wälzverfahren arbeiten - keine grundsätzlich immer notwendige Wälzbewegung existiert, die immer als Leitbewegung zu dienen vermag.

Darüber hinaus ist es jedoch so, daß hier noch zusätzlich folgendes Problem besteht: Beim Schleifen von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche, wie insbesondere Stirnrädern (einer Schraubenfläche die u.U. auch eine Steigung von Null des Gewindeganges, nämlich bei vertikal verlaufenden Verzahnungen, aufweist), Schnecken oder Rotoren ist es oft so, daß hier eine einzige Leitachse für den gesamten Werkstückfertigungsprozeß oftmals nicht ausreicht, da deren Führungs- oder Leitbewegung in Anbetracht der in der Realität begrenzten numerischen Genauigkeit oftmals zu minimal wird, um in Abhängigkeit hiervon noch Ansteuerungsfunktionen (oder -relationen) mit genügender Bewegung für die anderen Achsen berechnen zu können. Besonders deutlich wird dies etwa für den Fall, wo etwa ein in Relation zu einer Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens als Leitachse Verwendung findet und dann auf dem Werkstück eine orthogonal zur Werkstückdrehachse verlaufende Kante etwa als Abschluß einer Schraubenmantelfläche zu fräsen ist, wie dies etwa bei Werkstücken vorkommt, die mehrere voneinander, etwa durch runde Achsabschnitte separierte oder zumindest von ihrer Geometrie unterschiedliche Schraubenflächen aufweisen. (In diesem Zusammenhang sei angeführt, daß auch Werkstücke mit solchen teilweise oder abschnittsweise Schraubenflächen als Werkstücke mit Schraubenmantelfläche i.S. der vorliegenden Erfindung angesehen werden.) Bei dem vorgenannten Fall kommt nämlich die Bewegung des Schleifschlittens an der Stelle der Senkrechten zur Werkstückachse vollständig zum Stehen und kann somit selbst bei unbegrenzter numerischer Auflösung nicht mehr als Führungsbewegung dienen; der Schleifschlitten ist mithin als Leitachse an dieser Stelle unbrauchbar. Es ist daher erforderlich an derartigen Stellen einen Leitachsenwechsel durchzuführen, was einheitliche Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinenmodelle um so mehr erschwert, da dann im Falle eines Maschi-

nentypwechsels die o.a. Anpassungsschwierigkeiten auf die neue Maschine u.U. für jede verwendete Leitachse auftreten. Überdies sei bemerkt, daß ein derartiger Achswechsel an der Stelle des Werkstücks, wo er vollzogen wird, aufgrund der hiermit verbundenen Unstetigkeit der Ansteuerung der Achsen infolge dessen immer auch zu unerwünschten Fertigungsspuren auf dem zu erstellenden Werkstück führt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche anzugeben, daß eine Verwendung der jeweiligen Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinentypen mit unterschiedlichen ansteuerbaren Achsen so erlaubt, daß bei einem Wechsel der anzusteuernden Maschine - im Rahmen des geometrisch Möglichen - möglichst wenige Maschinensteuerparameter zur Ansteuerung der Achsen neu gebildet werden müssen.

Dies wird durch eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche erreicht, welche eine Werkstückhalterung zur Aufnahme eines Werkstücks, ein Werkzeug, ansteuerbare mechanische Achsen zur Bearbeitung des Werkstücks oder zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander, sowie eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Achsen aufweist und die erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß mindestens eine virtuelle Achse vorgesehen ist, die als Leitachse für andere Achsen parametrierbar ist und dann nur der Synchronisation dieser anderen Achsen dient.

Auf diese Weise wird eine zusätzliche virtuelle Achse geschaffen, die selbst keine mechanische Achse der Werkzeugmaschine ansteuert, gleichwohl aber andere Achsen zu synchronisieren vermag. Dies kann etwa durch ein nur von der Zeit abhängiges Polynom, wie folgt geschehen

$$L_{Virt}(t) = a_{Virt.,0} + a_{Virt.,1} \cdot t + a_{Virt.,2} \cdot t^2 + a_{Virt.,3} \cdot t^3$$

und zwar ohne, daß der so ermittelte Wert  $L_{virt}(t)$  zur unmittelbaren Ansteuerung einer mechanischen Achse der Werkzeugmaschine verwendet würde. Vielmehr geht dieser etwa wie folgt

$$\begin{aligned} Achspos_1(L_{virt}(t)) &= a_{1,0} + a_{1,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{1,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{1,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \\ Achspos_2(L_{virt}(t)) &= a_{2,0} + a_{2,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{2,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{2,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \\ Achspos_3(L_{virt}(t)) &= a_{3,0} + a_{3,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{3,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{3,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \end{aligned}$$

synchronisierend in die Bildung der tatsächlich zur Ansteuerung der mechanischen Achsen (hier 1 bis 3) Positionsgrade Achspos<sub>i</sub> ein.

Durch das Vorsehen einer solchen virtuellen Achse kann somit die Bildung der Achspositionen für die Ansteuerung der mechanischen Achsen völlig unabhängig von jedweder tatsächlichen Bewegung jeder Achse der Werkzeugmaschine gehalten werden, wodurch es daher möglich wird, bei einem Wechsel der anzusteuernden Maschine - im Rahmen des geometrisch Möglichen - nur die Maschinensteuerparameter neu zu bilden, die der Ansteuerung von Achsen dienen, die bei der neuen Maschine zusätzlich vorhanden sind. Hingegen können die Maschinensteuerparameter für Achsen, die vor und nach dem Wechsel der Maschine anzutreffen sind, beibehalten werden. Im Falle der o.a. Polynome heißt dies etwa, daß die die Bahnkurve definierenden Koeffizienten  $a_{ij}$  für diese Achsen nicht neu gebildet werden müssen.

Als zusätzlicher Vorteil ergibt sich darüber hinaus auch für den Fall des Betriebs nur eines einzigen infrage kommenden Maschinentyps, daß bei der Verwendung der erfindungsgemäßen virtuellen Achse keine Achswechselprobleme der eingangs geschilderten Art mehr auftreten und somit auch keine infolge dessen auftretenden Fehler mehr an den Werkstücken zutage treten.

Zum hier verwendeten Begriff der virtuellen Achse sei im Hinblick auf die Verwendung dieses Begriffes im Stand der Technik angemerkt, daß hier in soweit eine einheitliche Begriffsbildung vorliegt, als daß es sich hierbei um eine nur in der jeweiligen verwendeten Steuer- und/oder Regeleinrichtung gebildete Achse handelt, die kein unmittelbares Pendant

in den tatsächlich vorhandenen mechanischen Achsen der jeweiligen Werkzeugmaschine haben. Unterschiede zum Stand der Technik etwa nach der DE 42 91 619 C1 bestehen hier jedoch dahingehend, daß die dortige virtuelle Achse (mitunter dort auch Softachse genannt) der direkten Ansteuerung tatsächlicher mechanischer Achsen dient, aus denen die dortige virtuelle Achse gewissermaßen softwaremäßig kombiniert wird. Demgegenüber dient die virtuelle Achse im Sinne der hier vorliegenden Erfindung keiner eigenen Ansteuerung mechanischer Achsen, insbesondere keiner Software-Synthese zusätzlicher, in der mechanischen Realität der anzusteuernden Werkzeugmaschine keine Entsprechung findenden Achsen, sondern nur der Synchronisierung der Ansteuerung anderer Achsen.

Demgemäß wird der erfindungsgemäße Erfolg auch durch ein Verfahren zur Ansteuerung einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine erreicht, wobei zunächst eine virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen parametriert wird, und sodann während des Betriebs der Maschine zur Bearbeitung des Werkstücks die anderen Achsen mit Hilfe dieser virtuellen Leitachse bei ihrer Positionierung lediglich synchronisiert werden.

Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine mindestens fünf ansteuerbare mechanische Achsen zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander auf, was die Fertigung rotationssymmetrischer Werkstücke ermöglicht. Will man auch nicht-rotationssymmetrische Werkstücke, wie etwa Schnecken fertigen, so bedarf es zumindest einer zusätzlichen Achse, die zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander in der Horizontalen vorgesehen ist, wie noch zu sehen sein wird.

Besonders bevorzugterweise ist die mehrachsige Werkzeugmaschine nach der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß als Werkzeug eine Schleifscheibe und als mechanische Achsen mindestens eine

- positionierbare Radialzustellungsachse, auch mit  $\chi$  bezeichnet, für die Schleifscheibe,

- ein in Relation zur Radialzstellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten, auch mit  $\zeta$  bezeichnet, zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens,
- eine positionierbare Drehachse, auch mit  $\beta$  bezeichnet, eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung,
- eine positionierbare Schwenkachse, auch mit  $\tau$  bezeichnet, zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene, auch mit  $B$  bezeichnet, sowie
- eine Drehachse, auch mit  $\omega$  bezeichnet, für den Antrieb der Schleifscheibe vorgesehen sind.

Auch kann als mechanische Achse eine positionierbare Verschiebeachse, auch mit  $\delta$  bezeichnet, zur Kontrolle einer Vorschubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse vorgesehen sein.

Bevorzugterweise weist die erfundungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine auch eine Schwenkachse, auch bezeichnet mit  $\sigma$ , als mechanische Achse zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene, auch bezeichnet mit  $A$ , auf, was auch die schon angesprochene Fertigung nicht rotationssymmetrischer Werkstücke erlaubt.

Alternativ oder auch zusätzlich kann dies auch durch eine mechanische Schwenkachse, auch mit  $\gamma$  bezeichnet, zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene, auch mit  $A$  bezeichnet, erreicht werden.

Ferner kann als mechanische Achse auch eine Verschiebeachse, auch bezeichnet mit  $\eta$ , vorgesehen sein, die der vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander dient.

Die virtuelle Achse selbst wird vorzugsweise durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet, die besonders bevorzugterweise von der Zeit und in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nur von dieser, abhängig ist. Es ist jedoch genauso möglich, die virtuelle Achse nicht von der Zeit, sondern von anderen - womöglich auch externen - Ereignissen oder Werten, etwa erreichten Positionen von externen Maschinen, wie Robotern, abhängig zu machen.

Als frei wählbare Funktion kommt insbesondere, wie ja auch schon im o.a. Beispiel dargelegt, eine Polynomfunktion, aber beispielsweise auch eine Kreisrelation infrage. Auch kann eine frei wählbare Relation ebenso durch eine Wertetabelle definiert werden.

Auch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung kann mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgen, wobei die jeweilige mechanische Achse, wie ja auch schon eingangs dargelegt, bevorzugterweise vom Wert einer als Leitachse fungierenden virtuell gebildeten Achse abhängig ist, um so die Synchronisation der Achspositionen untereinander zu erreichen.

Natürlich kann die jeweilige Achse dabei, etwa zur Ansteuerung der gewünschten Positionswerte auch vom Wert weiterer Parameter abhängig gemacht werden. Wie bereits dargelegt kann dabei als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dienen, die auch vom Wert einer der virtuellen Achsen und Polynomkoeffizienten abhängig ist.

Ebenso eignet sich als frei wählbare Relation für die jeweilige mechanische Achse aber auch eine Kreisrelation, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Kreiskonstanten, vorzugsweise einem Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung abhängig ist.

Gleiches gilt für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse, die durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Relation erfolgt, welche durch eine

Tabelle von Koordinaten gegeben ist, ebenso wie für alle anderen, für die Erreichung der angestrebten Werkstückgeometrie geeignet erscheinenden Funktionen und/oder Relationen.

Im Falle der Verwendung einer durch eine Koordinatentabelle gebildeten Relation, wird diese vorzugsweise durch eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und einen Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, gebildet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung ist die mehrachsige Werkzeugmaschine dadurch gekennzeichnet, daß auch ein Speicher vorgesehen ist, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, was eine flexible Realisierung der vorliegenden Erfindung durch eine Computersteuerung ermöglicht.

In diesem Speicher kann nämlich eine Datenstruktur vorgesehen werden, die die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt, wobei es auch möglich ist, daß hier eine Datenstruktur vorliegt, die auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt, etwa um auch ältere, noch nicht auf das erfindungsgemäße Computersteuerungssystem abgestimmte Maschinensteuerparameter verwenden zu können.

Auch die Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse wie auch die Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung kann in dem Speicher flexibel abgelegt werden.

Dabei können Datenfelder zur Identifikation vordefinierter Funktions- oder Relationstypen dienen, welcher für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird. Eine solche Vordefinition häufig verwendeter Funktions- und/oder Relationstypen erleichtert dabei die Hinterlegung der Definition im Speicher. Als solchermaßen vordefinierte Funktionstypen kommen vorzugsweise etwa eine Polynomfunktion, etwa sechsten Grades, mit Polynomkoeffizienten als Parametern oder

auch wiederum eine Kreisrelation mit Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung als Parametern infrage. Ebenso kann als Relationstyp aber auch eine Koordinatentabelle mit Koordinaten als Parametern vordefiniert sein, wobei bevorzugterweise als Koordinaten jeweils eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer mehrachsigen Werkzeugmaschine nach der vorliegenden Erfindung, liegt in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vor, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist. Dieser Parameter wird von der Maschine im Falle nicht symmetrisch ausgebildeter Schleifscheiben, wie etwa zur Fertigung von Schnecken benötigt, um die jeweilige Flanke mit der richtigen Seite des Werzeugs anzufahren. Auch ermöglicht dieser Steuerparameter eine der jeweiligen Flanke entsprechende Kraftsteuerung oder -regelung.

Vorzugsweise liegt in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, auch eine Datenstruktur vor, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparametern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfasst, wobei vorzugsweise immer eine solche Gruppe von Maschinensteuerparametern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametriert ist.

Die Strukturierung der Maschinensteuerparameter zu Segmenten ermöglicht es, eine in der Realität gegebene Segmentierung des Werkstücks auch in der Strukturierung der Maschinensteuerparameter abzubilden, was deren Übersichtlichkeit und damit auch die Möglichkeit ihrer Zuordnung zu Werkstückanschnitten verbessert.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen einer erfindungsgemäß mehrachsigen Werkzeugmaschine mit einem Speicher dienen somit der Abbildung von Maschinensteuerparametern in diesem Speicher, welche im Betrieb der Maschine Maschinenfunktionen zur Werkstückfertigung auslösen. Dies kann aber nicht nur durch eine Hinterlegung im Speicher der Maschine geschehen, sondern auch durch das Einlesen eines mit entsprechenden Maschinensteuerparametern versehenen Datenträgers, wie etwa einer Diskette, einer CD oder auch einer DVD oder auch durch das Einlesen eines elektronischen Trägersignals mit diesen Maschinensteuerparametern in die erfindungsgemäß mehrachsige Werkzeugmaschine, etwa über eine Datenleitung, wie sie vorzugsweise auch in einem Datennetzwerk Verwendung findet. Ein solcher Datenträger oder ein solches Datenträgersignal ist dabei entsprechend der hier vorliegenden Erfindung zum Einlesen der wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäß aufgebauten Daten in die erfindungsgemäß mehrachsige Werkzeugmaschine zu deren Steuerung entsprechend der hier vorliegenden Erfindung aufgebaut.

In jedem Falle ist ein solcher Datenträger oder ein solches elektronisches Trägersignal erfindungsgemäß mit Maschinensteuerparametern zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine parametriert, wobei auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die ein Datenfeld aufweist, das die Parametrierung der virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt und der Datenträger oder das elektronische Trägersignal die Werkzeugmaschine mittels dieser Datenstruktur bei dem Einlesen oder nach dem Einlesen nach dem o.a. erfindungsgemäß Verfahren ansteuert.

Auch dient der Durchführung der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine, welches erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß es einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal mit Maschinensteuerparametern wie vorstehend dargestellt erzeugt. Selbstverständlich kann dieses Verfahren auch auf einem Computersystem mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher realisiert sein, üblicherweise etwa als Computerprogramm, wobei es die entsprechenden Instruktionen aufweist, die zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind. Ein solches Computerprogramm kann dabei in jeder Form vorliegen, insbesondere aber auch als Computerprogrammprodukt auf

einem computerlesbaren Medium, wie etwa Diskette, CD oder DVD, wobei es Computerprogramm-Code-Mittel aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens veranlaßt wird. Es kann aber etwa auch als Computerprogrammprodukt, welches ein Computerprogramm auf einem elektronischen Trägersignal aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens veranlaßt wird, vorliegen.

Aus den vorstehend beschriebenen einzelnen unterschiedlichen Elementen der vorliegenden Erfindung kann in Gesamtheit gesehen ein Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit

- einem erfindungsgemäßen Computersystem zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal mit Maschinensteuerparametern nach der vorliegenden Erfindung erzeugt, oder
- einem solchen Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt,
- und mindestens einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine

vorgesehen sein. Details eines solchen Systems nach der vorliegenden Erfindung können im weiteren den Ausführungsbeispielen entnommen werden.

Im folgenden werden nicht einschränkend zu verstehende Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnung besprochen. In dieser zeigen:

Fig.1 ein erfindungsgemäßes Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche,

Fig.2 ein abstraktes Modell einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit diversen mechanischen Achsen, und

Fig.3 ein Werkstück mit Schraubenmantelfläche zur Herstellung auf einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche und zwar

mit

- einem erfindungsgemäßen Computersystem 1 zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine 2, 2a mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie hier in einem Datennetzwerk ein elektronisches Trägersignal 3 mit Maschinensteuerparametern nach der vorliegenden Erfindung erzeugt
- und einer ersten erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine 2 sowie einer zweiten solchen 2a.

Vorliegend ist es nun so, daß die erste Maschine 2 (neben anderen Achsen) eine mechanische Schwenkachse  $\sigma$  zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A aufweist; eine Möglichkeit die der zweiten Maschine 2a fehlt. Diese verfügt jedoch über eine Schwenkachse  $\gamma$  zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A. Im vorliegenden Neutraldaten-Computersystem ist es nun leicht möglich, Maschinensteuerparameter, die vom Computersystem 1 für die erste erfindungsgemäße Maschine 2 erzeugt wurden, auch für die zweite erfindungsgemäße Werkzeugmaschine 2a zu verwenden, wenn die erzeugten Maschinensteuerparameter von

einer virtuellen Leitachse nach der vorliegenden Erfindung Gebrauch machen. Beide Maschinen 2, 2a verfügen über eine virtuelle Leitachse, so daß bei einem Maschinenwechsel von der ersten Maschine 2 zur zweiten Maschine 2a nur die Maschinensteuerparameter für die Schwenkachse  $\gamma$  statt der Schwenkachse  $\sigma$  gebildet werden müssen. Alle anderen Maschinensteuerparameter können hingegen, da über die virtuelle Leitachse gekoppelt, beibehalten werden.

Fig. 2 zeigt ein abstraktes (verschiedene konkrete Ausgestaltungsmöglichkeiten übergreifendes) Modell einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit diversen mechanischen Achsen und zwar mit

- einer positionierbaren Radialzustellungsachse  $\chi$  für die Schleifscheibe,
- einem in Relation zur Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbaren Schleifschlitten  $\zeta$  zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens,
- einer positionierbaren Drehachse  $\beta$  eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung,
- einer positionierbaren Schwenkachse  $\tau$  zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene B,
- einer Drehachse  $\omega$  für den Antrieb der Schleifscheibe,
- einer positionierbaren Verschiebeachse  $\delta$  zur Kontrolle einer Vorschubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse,
- einer Schwenkachse  $\sigma$  zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A,

- einer Verschiebeachse  $\eta$  zur vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander, sowie
- einer Schwenkachse  $\gamma$  zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A

zur besseren Veranschaulichung der in Bezug genommenen geometrischen Verhältnisse.

Fig. 3 zeigt ein Werkstück mit Schraubenmantelfläche zur Herstellung auf einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine mit 9 verschiedenen Segmenten. Unter Bezugnahme auf das in Fig. 2 veranschaulichte abstrakte Modell sollen nachfolgend die Maschinensteuerparameter entsprechend der vorliegenden Erfindung beispielhaft für das Segment 8, ein konisches Knetelement Seg. 8 angegeben werden, wobei hier die virtuelle Leitachse mit  $\kappa$  bezeichnet wird:

Segment 008: 2. Konisches Knetelement

Prozess: Schruppen

Leitachse: $\kappa$			$X_{Start}$	$X_{Ende}$	A	B	C	D	E	F	G
$\kappa$	[]	008 = PB	0	1	0	1	0	0	0	0	0
$\eta$	[mm]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma$	[rad]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\Omega$	[m/s]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\tau$	[rad]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\delta$	[mm]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\sigma$	[rad]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\zeta$	[mm]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$	[rad]	008 = PB	0	1	-	-	-	-	-	-	-
$x$	[mm]	008 =	0	1	-	-	-	-	-	-	-

